

СТРУКТУРА СПЛАВА В96 ПОСЛЕ ТРЕХСТУПЕНЧАТОЙ ОБРАБОТКИ НА ПРИМЕРЕ РАЗЛИЧНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

Троянов В. А.

Руководитель – проф., д.ф.-м.н. Пушин В.Г.

Учреждение Российской академии наук Ордена Трудового Красного
Знамени Институт физики металлов Уральского Отделения РАН,
г. Екатеринбург,
troy-v@mail.ru

Методами просвечивающей электронной микроскопии проведено исследование фазового состава и тонкой структуры полуфабрикатов (поковка, прессованная полоса, прессованный профиль, плита, листы толщиной 1,2 и 4 мм) из промышленного алюминиевого сплава В96 системы Al-Zn-Mg-Cu, подвергнутых трехступенчатой обработке старением по режиму T12: 120 °С, 3 ч + 160 °С, 3 ч + 90 °С, 10 ч. Изучали фазовый состав, механизмы выделения (гомогенного в матрице и гетерогенного на дефектах структуры), распределение частиц по размерам, наличие вблизи границ зерен сплава зон, свободных от выделений. Изучение структуры опытно-промышленных полуфабрикатов из сплава В96 осуществлялась с использованием метода просвечивающей электронной микроскопии тонких фольг. Окончательное утонение осуществлялось методом электролитической полировки в электролите, состоящем из смеси хлорной и уксусной кислот или азотной кислоты и метилового спирта с заключительным промыванием в воде и/или этиловом спирте. Изучение микроструктуры проводили с помощью просвечивающего электронного микроскопа JEM200CX при ускоряющем напряжении 160 кВ.

Как показали систематические электронно-микроскопические исследования, независимо от типа полуфабриката, зёрненная структура изучаемого сплава характеризуется полигонизованной субструктурой, размеры субзерен варьируются в пределах от одного–двух микрон до трех–четырех. Тонкая структура сплава В96 в целом идентична у различных типов полуфабрикатов, подвергнутых трехступенчатой обработке, и характеризуется однородным распределением в матрице гомогенно выделившихся частиц η' - и η – фаз. Частицы η' - фазы имеют размеры 8 – 12 нм; размеры более крупных η'/η - частиц пластинчатой формы лежат в пределах 20 – 30 нм. Метастабильная η' -фаза и соответствующая ей стабильная η -фаза являются основными упрочняющими фазами в данном сплаве. Стабильная η -фаза на микроэлектронограммах дает собственные отражения, которые совпадают

с рефлексами от η' -выделений или находятся очень близко к ним. Совпадают, например, рефлексы 20.0_{η} и 00.4_{η} . Поэтому при темнопольной съёмке выделения η' - и η -фаз отдельно не идентифицируются и наблюдаются совместно, что более наглядно характеризует структуру (рис. 1).

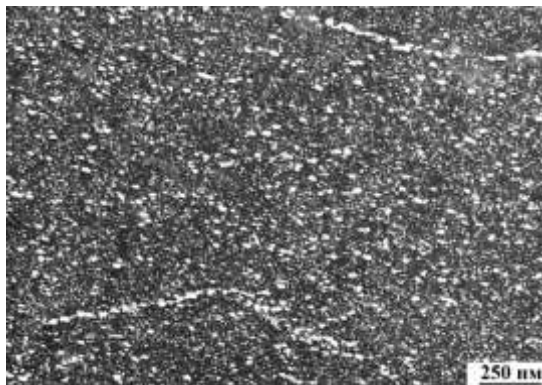


Рисунок 1. Микроструктура сплава В96, темнопольное изображение

Характер выделения по границам также качественно одинаков. Частицы на границах зёрен имеют размеры от 20 до 70 нм. В зависимости от типа границ характер распределения частиц на них разный. На большеугловых субграницах наклона частицы, как правило, крупнее и расположены по отдельности. На малоугловых границах кручения они приближаются по размерам к крупным матричным выделениям и распределены достаточно плотно. Ширина зон, свободных от выделений, составляет 20 – 30 нм. Можно сделать вывод, что наличие субзёрненной структуры с характерными линейными размерами в единицы микрометров, границы которых жёстко закреплены выделившимися упрочняющими частицами, является, наряду с дисперсионным упрочнением, мощным упрочняющим фактором в соответствии с соотношением Холла–Петча.

Особенностью структуры поковки является присутствие повышенного количества стабильной η -фазы. Изображения пластинчатых η -частиц имеют форму тонких протяжённых стержней, расположенных как в матрице, так и на границах. Встречаются зёрна, где эти частицы образуют мощные скопления в виде полос, между которыми находятся практически “чистые” участки матрицы с более высокодисперсными частицами. Такие выделения η -фазы имеют видманштеттову структуру. Следует отметить, что в целом доля таких “стержнеобразных” частиц невелика.

Таким образом, можно сделать вывод, что практически независимо от толщины полуфабриката термическая обработка по режиму T12 обеспечивает возникновение качественно идентичной структуры в сплаве В96. Существование крупных видманштеттовых частиц η -фазы в

структуре образца поковки обусловлено, вероятней всего, технологическими причинами, например, более сильной локальной неоднородностью пластической деформации при термомеханическом переделе, не устранённой при отжиге и, как следствие, локальной неоднородностью последующей субзернистой структуры, на которой при старении гетерогенно образуются более крупные пластинчатые, расположенные преимущественно по видманштетту, частицы η - фазы. Но количество таких локализованных скоплений в сплаве невелико.